

# Pengaruh Ketebalan Cladding Terhadap Deviasi Sudut Bias, Pelemahan dan Cepat Rambat Gelombang Suara pada Pengelasan Baja Karbon dengan Stainless Steel

Rakhmawan Dwi S., Wing Hendropresetyo Akbar Putera

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

Email : wing@na.its.ac.id

**Abstrak**-Penelitian ini disusun untuk mengetahui pengaruh dan besar deviasi dari faktor sudut bias, pelemahan dan cepat rambat gelombang suara dari sambungan las antara baja karbon dan stainless steel yang dycladding dengan nickel dan stainless steel. Penelitian ini menggunakan alat ultrasonik flaw detector sebagai peralatan pemeriksaan yang mewakili ketiga faktor diatas. Variasi ketebalan cladding pada penelitian ini sebesar 3 mm, 4 mm, 5 mm dan 6 mm pada nickel maupun stainless steel. Tebal spesimen sebesar 30 mm dengan lebar 100 mm serta panjang 200 mm. Dari hasil pengujian diketahui bahwa cladding nickel dan stainless steel berpengaruh pada pemeriksaan lubang diskontinuitas sambungan las. Pada pengujian menggunakan probe dengan frekuensi 4 MHz nilai dari pengukuran yang dihasilkan lebih akurat di bandingkan dengan menggunakan probe 2 MHz. Pada pengukuran diameter lubang diskontinuitas 2,5 mm yang menggunakan probe frekuensi 4 MHz dengan metode beam spread besar nilai deviasi pada nickel cladding 3 mm lebih besar 40 %, 4 mm lebih besar 60%, 5 mm lebih besar 60% dan 6 mm lebih besar 80% sedangkan pada stainless steel cladding 3 mm lebih besar 20%, 4 mm lebih besar 40 %, 5 mm lebih besar 60 % dan 6 mm lebih besar 80%. Nilai deviasi dari pengujian sudut bias pada nickel dengan ketebalan cladding 3 mm sebesar 1,18°, 4 mm sebesar 3,51°, 5 mm sebesar 7,21° dan 6 mm sebesar 8,28°. Pada stainless steel dengan ketebalan cladding 3 mm sebesar 1,18°, 4 mm sebesar 2,36°, 5 mm sebesar 4,52° dan 6 mm sebesar 5,85°. Nilai rata deviasi dari faktor pelemahan pada nickel sebesar 1,3 dB dan pada stainless steel sebesar 1,67 dB.

**Kata Kunci** - Pengujian ultrasonik, Cladding , Lubang diskontinuitas, Beam Spread, DAC

## I. PENDAHULUAN

DALAM suatu proses pembangunan konstruksi sebuah kapal terdapat proses pengelasan. Pengelasan tersebut menggunakan teknologi dan metode yang terus berkembang. Pada proses pengelasan membutuhkan prosedur dan standar yang mengatur agar didapatkan kualitas konstruksi yang sesuai.

Abad ini terdapat banyak cladding pada pelat suatu kapal. Cladding ini bertujuan menghemat biaya produksi. Cladding tersebut dapat menggunakan bahan yang tidak mudah korosi atau tingkat korosinya rendah seperti stainless steel, aluminium, maupun nickel.

Dewasa ini terdapat banyak kapal tanker yang

menggunakan cladding pada pelat tangki kimianya. Untuk itu pada sambungan las tangki kimia kapal chemical tanker yang menggunakan cladding stainless steel dan nickel perlu dilakukan pemeriksaan ultrasonik. Pemeriksaan ini didasarkan pada beberapa faktor yakni perbedaan struktur material, cepat rambat suara dan tebal dari masing-masing materialnya (baja karbon dan stainless steel/nickel). Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui adanya diskontinuitas, baik internal maupun permukaan.

Pengujian ultrasonik adalah pengujian yang menggunakan prinsip pemantulan gelombang suara pada media tertentu. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk mengetahui posisi dan ukuran diskontinuitas yang terjadi. Keakuratan pengujian ini sangat tergantung pada tebal material dasar (baja karbon) dan material cladding (stainless steel/nickel) yang diperiksa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya deviasi dari faktor sudut bias, pelemahan dan cepat rambat gelombang suara yang dapat mempengaruhi ketelitian pendeteksian diskontinuitas pada sambungan las.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Teori Dasar Gelombang Ultrasonik

Gelombang suara merupakan getaran sederhana yang terjadi pada partikel penyusun benda padat, cair dan gas. Partikel-partikel tersebut memiliki posisi normal dan berpindah yang disebabkan adanya gaya. Perpindahan tersebut juga dapat terjadi karena sifat elastis dari material logam. Perpindahan posisi partikel akibat adanya gaya luar dapat digambarkan dengan sebuah benda yang dihubungkan dengan pegas. [1]

### B. Pembiasan (Reflection)

Batas antara satu media dengan media yang lain dinamakan interface. Pada interface, gelombang suara akan diteruskan pada media selanjutnya dan sisanya akan dipantulkan kembali menuju media pertama. [1]

### C. Pelemahan (Atenuasi)

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya atenuasi dijelaskan oleh Barcohen [2] dapat dikategorikan sebagai berikut:

#### 1. Penyerapan (absorption)

Terjadi karena adanya perubahan energi mekanik kebentuk energi panas. Perubahan energi ini terjadi diawali adanya gerakan elastis partikel gelombang saat merambat didalam material. Pada prinsipnya energi panas ini pasti akan hilang dan atenuasi jenis ini tidak banyak berpengaruh terhadap pemeriksaan material.

## 2. Penghamburan (scattering)

Scattering dari gelombang ultrasonik disebabkan karena material tidak seluruhnya homogen. Diskontinuitas partikel material seperti butiran partikel (*grain boundaries*), retak kecil, masuknya partikel non metal didalam material cenderung akan membelokkan perambatan utama energi gelombang ultrasonik.

## 3. Efek impedansi akustik permukaan material

Setiap material mempunyai harga impedansi akustik tertentu. Jika gelombang ultrasonik melewati batas permukaan dua material yang mempunyai impedansi akustik yang berbeda maka akan terjadi pemantulan dan pembiasan gelombang ultrasonik. Sebagian energi gelombang ultrasonik juga akan hilang saat gelombang melewati interfaces material.

## D. Gelombang Transversal (Shear)

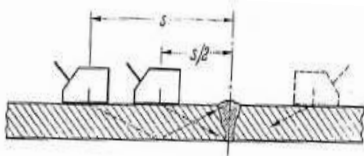
Gelombang transversal memiliki arah gerakan partikel tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang. Gelombang transversal tidak dapat merambat pada media air dan gas. Pada beberapa jenis material, cepat rambat gelombang transversal kurang dari setengah cepat rambat gelombang longitudinalnya sehingga panjang gelombang transversal juga kurang dari setengah panjang gelombang longitudinalnya.

## E. Beam spreading

Penyebaran gelombang atau Beam spreading utamanya dipengaruhi oleh perubahan plane waves menjadi gelombang silinder. Bentuk pancaran gelombang di dalam material akan mengalami penyebaran. Semakin jauh perambatan gelombang dari permukaan material maka penyebaran gelombang semakin besar pula. Hal ini akan berdampak pada penurunan intensitas energi suara. Penurunan intensitas energi juga terjadi didaerah yang jaraknya semakin jauh dari pusat berkas suara.

## F. Metode Pengujian Ultrasonik Menurut Krautkramer

Pengujian untuk butt-weld joint pada plat dan pipa methode pulse echo menggunakan gelombang transversal yang zigzag seperti Gambar 2 jika memungkinkan dapat ditempatkan pada permukaan lainnya. Sound paths dengan jarak setengah dan penuh yang disampaikan oleh Krautkramer J. and H. Krautkramer. [1]



Gambar 1. Gelombang transversal zigzag [4]

Range frekuensi transducer yang digunakan untuk menguji material las berkisar diantara 2 sampai 5 MHz.

## G. Kalibrasi

Kalibrasi pengujian ultrasonik yang dilakukan menggunakan probe sudut meliputi :

1. Kalibrasi jarak,
2. Kalibrasi range gelombang,
3. Pengukuran amplitude dari notch surface pada blok kalibrasi

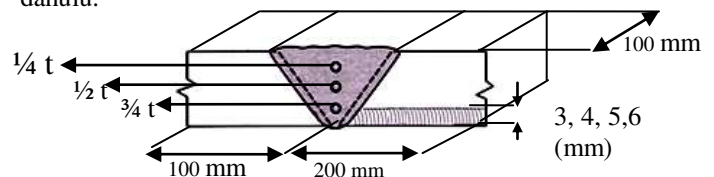


.Gambar 2. Blok kalibrasi sesuai ASME [3]

## III. METODOLOGI PENELITIAN

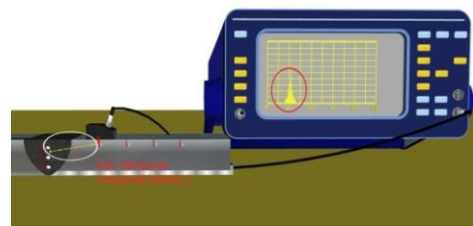
Material yang dipersiapkan adalah baja karbon dengan panjang 100 mm dan lebar 200 mm serta material stainless steel dengan tebal 30 mm panjang 100 mm dan lebar 100 mm. Proses selanjutnya yaitu cladding dan proses pengelasan dengan menggunakan teknik pengelasan overlay. Material yang dilapisi adalah baja karbon. Variasi ketebalan cladding yaitu 3 mm , 4 mm, 5 mm dan 6 mm. Jenis mesin las yang digunakan adalah SMAW. Elektroda yang digunakan adalah elektroda tipe 308 dan 309.

Pengerjaan diskontinuitas dilakukan pada sambungan las. Penandaan posisi pengeboran pada material pada posisi  $\frac{1}{4}$  T,  $\frac{1}{2}$  T, dan  $\frac{3}{4}$  T dari permukaan sambungan las. Untuk melihat batas las maka dilakukan macroetsa terlebih dahulu.



Gambar 3. Blok kalibrasi (BCB) material uji

Pengambilan data pengujian ultrasonik seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Pengujian pada leg 1 Posisi Lubang  $\frac{1}{4}$  T.

## IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dari data pengujian ultrasonik pada spesimen cladding yang didapat, akan dibandingkan dengan data yang diperoleh dari blok kalibrasi. Analisa data didasarkan pada letak diskontinuitas terhadap permukaan material dan ukuran diskontinuitas. Nilai aktual dari penelitian ini didapat dari perhitungan dan pengujian pada baja karbon dan blok kalibrasi yang tersedia.

### A. Faktor Sudut Bias.

Tabel 1  
Data hasil Pengujian Sudut Bias pada nikel

Tebal cladding (mm)	SD uji (mm)	SD BCB (mm)	Sudut Probe	Selisih (mm)	Selisih (%)	Deviasi Sudut (%)	Besar Sudut
3	39	38	45°	1	2,63	1,18	46,18°
4	41	38	45°	3	5,20	3,51	48,51°
5	44	38	45°	6	10,50	7,21	52,10°
6	45	38	45°	7	13,10	8,28	53,28°

Tabel 2  
Data hasil Pengujian Sudut Bias pada Stainless Steel

Tebal cladding (mm)	SD uji (mm)	SD BCB (mm)	Sudut Probe	Selisih (mm)	Selisih (%)	Deviasi Sudut (%)	Besar Sudut
3	39	38	45°	1	2,63	1,18	46,18°
4	40	38	45°	2	5,20	2,36	47,34°
5	42	38	45°	4	10,50	4,52	49,50°
6	43	38	45°	5	13,10	5,85	50,85°

### B. Faktor Pelemahan

Tabel 3  
Nilai Gain

Tebal Cladding (mm)	Stainless steel		Nickel		Blok kalibrasi	
	Leg I	Leg II	Leg I	Leg II	Leg I	Leg II
3	64,5	78,0	67,0	67,0		
4	63,5	74,5	61,5	72,5		
5	61,5	71,5	66,0	66,0	50	59
6	60,5	70,5	65,5	65,5		

Besar nilai rata deviasi pelemahan yang dihitung dari nilai gain specimen dengan perbandingan dengan nilai gain pada blok kalibrasi dengan acuan rumus no 4 adalah sebesar :

Stainless Steel : 1,67 dB

Nickel : 1,3 dB

### C. Hasil perhitungan Beam Spread (Probe frekuensi 2 MHz)

Dari perhitungan beam spread diperoleh nilai dari deviasi ukuran diskontinuitas sebesar :

Nickel :

Cladding 3 mm bertambah 1 mm.

Cladding 4 mm bertambah 1,5 mm.

Cladding 5 mm bertambah 1 mm.

Cladding 6 mm bertambah 2 mm.

Stainless steel :

Cladding 3 mm bertambah 0,5 mm.

Cladding 4 mm bertambah 1,5 mm.

Cladding 5 mm bertambah 2 mm.

Cladding 6 mm bertambah 2 mm.

### D. Hasil perhitungan Beam Spread (Probe frekuensi 4 MHz)

Nickel :

Cladding 3 mm bertambah 1 mm.

Cladding 4 mm bertambah 1,5 mm.

Cladding 5 mm bertambah 1,5 mm .

Cladding 6 mm bertambah 2 mm.

Stainless steel :

Cladding 3 mm bertambah 0,5 mm.

Cladding 4 mm bertambah 1 mm.

Cladding 5 mm bertambah 1,5 mm.

Cladding 6 mm bertambah 2 mm.

### E. Deviasi Amplitudo pada 100% Kurva DAC

Deviasi amplitudo pada 100% Kurva DAC menggunakan perbandingan antara BCB dan Spesimen dengan hasil sebagai berikut :

Rumus :

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} \left[ \sum (y - \bar{y})^2 - \frac{[\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\sum (x - \bar{x})^2} \right]} \quad (1)$$

Tabel. 4  
Deviasi Amplitudo untuk Nickel

Posisi	Tebal cladding (mm)				
	BCB	3	4	5	6
¼ t	80	80	80	80	80
½ t	40	68	33	48	50
¾ t	32	56	28	38	28
5/4 t	80	46	46	80	80
Rata-rata	58	62,5	55,25	49,5	59,5
δ (%)		31	17	29	7,3

Tabel. 5  
Deviasi Amplitudo untuk Stainless steel

Posisi	Tebal cladding (mm)				
	BCB	3	4	5	6
¼ t	80	80	80	80	80
½ t	40	58	54	50	33
¾ t	32	32	36	36	28
5/4 t	80	80	80	80	80
Rata-rata	58	65,5	62,5	61,5	55,25
δ (%)		6,27	6,87	4,18	1,17

## V. RINGKASAN HASIL PENELITIAN

Hasil dari pengujian menggunakan metode Beam Spread dan DAC (Distance Amplitudo Correction) dengan bervariasikan tebal cladding dan letak diskontinuitas internal dari permukaan material, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

- Keakuratan hasil pengujian dengan metode Beam Spread dan DAC sangat dipengaruhi oleh tebal cladding. Hal ini disebabkan oleh adanya pelemahan energi, sudut bias dan cepat rambat gelombang suara yang dipantulkan oleh reflektor.
- Perubahan nilai diameter lubang diskontinuitas dengan menggunakan probe frekuensi 2 MHz pada cladding nickel 3 mm diameter lubang menjadi 3,5 mm , cladding nickel 4 mm diameter lubang menjadi 4 mm, cladding nickel 5 mm diameter lubang menjadi 3,5 mm dan 6 mm menjadi 4,5 mm. Pada cladding stainless steel 3 mm diameter lubang menjadi 3 mm , cladding stainless steel 4 mm diameter lubang menjadi 4 mm,

- cladding stainless steel 5 mm diameter lubang menjadi 4,5 mm dan cladding stainless steel 6 mm diameter lubang menjadi 4,5 mm.
3. Perubahan nilai diameter lubang diskontinuitas dengan menggunakan probe frekuensi 4 MHz pada cladding nickel 3 mm diameter lubang menjadi 3,5 mm, cladding nickel 4 mm diameter lubang menjadi 4 mm, cladding nickel 5 mm diameter lubang menjadi 4 mm dan cladding nickel 6 mm menjadi 4,5 mm. Pada cladding stainless steel 3 mm diameter lubang menjadi 3 mm, cladding stainless steel 4 mm diameter lubang menjadi 3,5 mm, cladding stainless steel 5 mm diameter lubang menjadi 4 mm dan cladding stainless steel 6 mm diameter lubang menjadi 4,5 mm.
  4. Nilai deviasi dari pengujian sudut bias pada nickel dengan ketebalan cladding 3 mm sebesar  $1,18^\circ$ , 4 mm sebesar  $3,51^\circ$ , 5 mm sebesar  $7,21^\circ$  dan 6 mm sebesar  $8,28^\circ$ . Pada stainless steel dengan ketebalan cladding 3 mm sebesar  $1,18^\circ$ , 4 mm sebesar  $2,36^\circ$ , 5 mm sebesar  $4,52^\circ$  dan 6 mm sebesar  $5,85^\circ$ .
  5. Nilai rata deviasi dari faktor pelemahan pada nickel sebesar 1,3 dB dan pada stainless steel sebesar 1,67 dB.
  6. Probe dengan frekuensi 4 MHz memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat di bandingkan dengan menggunakan probe dengan frekuensi 2 MHz.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Wing Hendroprasetyo A.P. selaku pembimbing Tugas Akhir ini dalam hal peminjaman alat maupun jurnal tentang ultrasonik kepada penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Krautkramer H. Krautkramer, Ultrasonic testing of materials 4th edition, Springer-Verlag Jerman, (1990).
- [2] Y. Barchoen, Ultrasonic inspection. University of California, Los Angeles, (2002).
- [3] ASME, Ultrasonic Examination Methods for Materials and Fabrication. ASME Vol.5, Article 5, USA, (2001).
- [4] C.J. Hellier, Handbook of Non destructive Evaluation. MacGraw-hill Companies Inc, New York, (2001).